

Список использованных источников

1. Влияние последовательности набора материала в бункер компактного БЗУ на эффективность работы доменной печи / А.В. Чевычелов, М.Н. Евстафьев, В.А. Бегинюк, С.К. Сибатуллин, Е.О. Теплых, А.С. Харченко // Черные металлы. Специальный выпуск 2012. С. 43–45.
2. Работа доменной печи с повышенным перепадом давления газа / Н.М. Крюков, В.С. Новиков, С.К. Сибатуллин [и др.]. Производство чугуна. Свердловск: УПИ, 1978. С. 79–84.
3. Анализ особенностей формирования порций и истечения материалов из бункера БЗУ при загрузке шихты / К.Б. Пыхтеева, С.А. Загайнов, Б.С. Тлеугабулов, В.В. Филиппов, Д.Л. Журавлев, Ф.П. Николаев // Сталь. 2008. № 6. С. 14–19.
4. Влияние различных факторов на равномерность распределения коксового орешка в колошниковом пространстве доменной печи, оснащенной БЗУ лоткового типа: межрегиональный сборник научных трудов «Теория и технология металлургического производства». № 10 / А.С. Харченко, С.К. Сибатуллин, Е.О. Теплых, Д.Н. Гущин. Магнитогорск, 2010. С. 33–38.
5. Поступление коксового орешка совместно с агломератом и окатышами из шихтового бункера БЗУ в колошниковое пространство доменной печи / А.С. Харченко, С.К. Сибатуллин, Н.П. Сысоев // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 8. С. 18–19.
6. Истечение материалов из шихтового бункера лоткового загрузочного устройства доменной печи по видам крупности: межрегиональный сборник научных трудов «Теория и технология металлургического производства». № 9 / С.К. Сибатуллин, А.С. Харченко, С.И. Гаврюшкин, А.В. Чевычелов. Магнитогорск, 2009. С. 21–25.
7. Спирин Н.А. Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: конспект лекций. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2004. 257 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

Усенко А.Ю., Бикмаев С.Р.

*Национальная металлургическая академия Украины,
г. Днепрпетровск, Украина*

В настоящее время для эффективного энергосбережения широко используются теплонасосные технологии производства теплоты. Стимулом для широкого практического использования тепловых насосов (ТН) является практически неограниченные ресурсы источников тепла низкого температурного потенциала, которые не являются ценными для прямого технологического использования.

К преимуществам применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения по сравнению с другими способами теплоснабжения следует отнести: экономичность (для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2 ÷ 0,35 кВт·ч электрической энергии); упрощенные требования к системам вентиляции помещений и высокий уровень пожарной безопасности (все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования); возможность переключения с режима отопления на режим кондиционирования летом; надежность; компактность.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема парокомпрессионного теплового насоса. Суть работы заключается в том, что при испарении хладагента в испарителе (И) отбирается низкопотенциальное тепло от источника теплоты. Полученные пары хладагента сжимаются в компрессоре (КМ), что приводит к повышению температуры хладагента до не-

обходимого уровня, после чего он поступает в конденсатор (К), где отдает свое тепло нагреваемой среде. В схеме присутствует переохладитель (ПО) конденсата, что позволяет повысить эффективность использования низкопотенциального тепла.

На рисунке 1: $Q_{\text{и}}$ – теплота, отдаваемая низкопотенциальным теплоносителем и получаемая хладагентом при его испарении; $Q_{\text{по}}$ – теплота, отдаваемая хладагентом в переохладителе конденсата для повышения эффективности процесса; $Q_{\text{к}}$ – теплота, отдаваемая хладагентом при его конденсации и получаемая высокопотенциальным теплоносителем (потребителем тепловой энергии); L – работа, необходимая для сжатия хладагента.

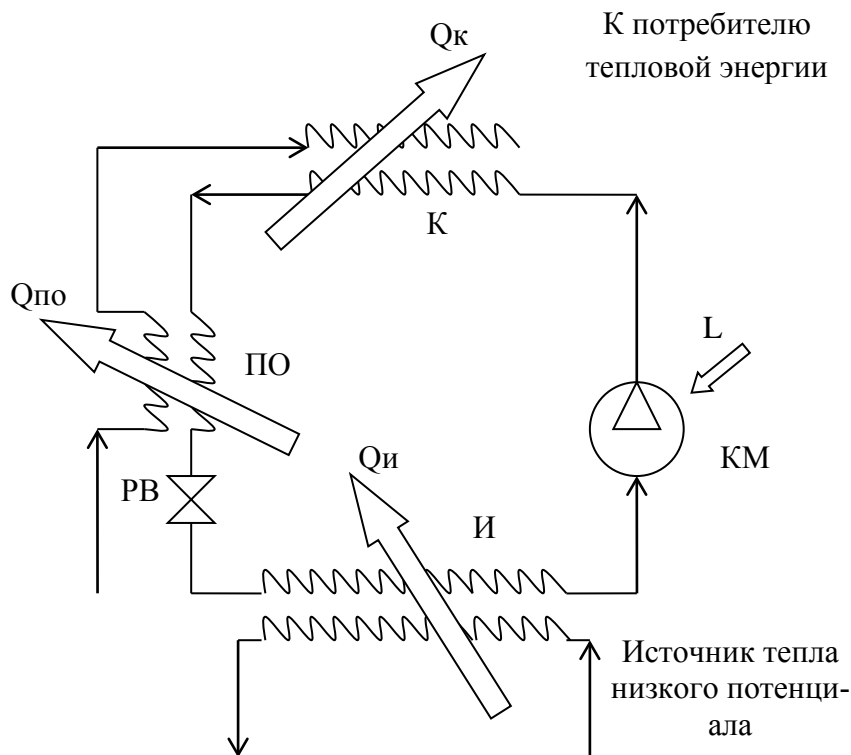


Рис. 1. Цикл парокомпрессионного теплового насоса

Тепловые насосы можно отнести к отдельному виду теплоэнергетического оборудования, для них нельзя использовать понятие коэффициента полезного действия, так как ТНУ позволяют производить больше энергии, чем затрачивается на выработку. Отношение произведенной теплоты к затраченной энергии на осуществление цикла теплонасосной установки называется коэффициентом преобразования теплоты (coefficient of performance – COP).

Анализ величины COP цикла холодильной машины заключается в анализе термодинамических свойств рабочего вещества. Этот метод был сформулирован и описан Р. Планком еще в 1930-х годах. Рассчитывая значение COP для холодильной машины, работающей на разных рабочих веществах по циклу, предложенному Р. Планком, определяют величину COP рабочего вещества в определенном температурном режиме работы. В рекламной продукции заводов-изготовителей рабочих веществ широко используется величина COP рабочего вещества в стандартном режиме. Очевидно, что величина COP цикла холодильной машины будет зависеть не только от температурного режима работы, но и от свойств примененного вещества. Поэтому выбор рабочего тела имеет большое значение для повышения эффективности работы ТНУ.

Рациональный выбор холодильных агентов усложняется одной из серьезных проблем – немедленный перевод тепловых насосов, которые разрабатываются, выпускаются и находятся в эксплуатации, на альтернативные, или экологически чистые рабочие вещества. Мотивацией этой проблемы стал Монреальский протокол, который обвинил в разрушении озоново-

го слоя молекулу хлора. Как известно, у отечественных холодильных установках наряду с аммиаком широко применяли фреон R22. Сегодня для замены R22 рекомендуются следующие смеси: R404, R507, R410, R407, R407C [1].

Ниже приведен анализ термодинамических свойств новых холодильных агентов. Сравним их с наиболее популярным «старым» холодильным агентом R22.

Достаточно важной величиной является объемная холодопроизводительность агента. Объемная холодопроизводительность агента для поршневых компрессорных машин должна быть по возможности большей, так как при этом уменьшается объем всасываемого компрессором пара и, соответственно, размеры компрессора. Рассмотрим это при одинаковых температурах конденсации и кипения.

При работе на R22, холодопроизводительность цикла составит 160 кДж/кг при объеме засасываемого компрессором пара 0,09 м³/кг, а при работе на R404 холодопроизводительность цикла $q_0 = 125$ кДж/кг при объеме засасываемого компрессором пара 0,15 м³/кг, то есть в 1,7 раза больше по сравнению с R22.

Давление в испарителе при рабочих температурах кипения, желательно иметь выше атмосферного, чтобы избежать вакуума. При наличии вакуума, возможно проникновение в систему воздуха, что ухудшает работу машины. Это требование можно выполнить, применяя холодильные агенты с низкими температурами кипения при атмосферном давлении. Давление в конденсаторе, при обычных температурах охлаждающей среды, не должен быть чрезмерно высоким. Снижение предельного давления в машине позволяет облегчить конструкцию. Кроме того, снижаются требования к уплотнению, и уменьшается опасность утечки холодильного агента через неплотности. Турбокомпрессорные холодильные машины экономичнее работают при больших объемах всасывания, поэтому для них пригодны холодильные агенты с малой объемной холодопроизводительностью. Температура замерзания холодильного агента должна быть значительно ниже рабочей температуры кипения, для того чтобы исключить возможность замерзания его в испарителе.

Критическая температура должна быть достаточно высокой, чтобы можно было осуществлять процесс сжижения при температуре окружающей среды, а также для обеспечения более экономичной работы машины.

Сопоставление технико-экономических и энергетических показателей холодильных установок, работающих на фреоне R22 и его заменителе R404, выполнен в работе [2]. Целесообразность замены холодильного агента R22 на озонобезопасную смесь R404 следует рассматривать с учетом следующих факторов:

- удельная холодопроизводительность в R404 ниже, чем в R22, что приводит к перерасходу электроэнергии;
- при равных температурах конденсации, давление в R404 на 18 % выше, чем в R22, что требует повышенных расчетных давлений аппаратов и приводит к снижению срока службы компрессоров на 20–25 %;
- при равных поверхностях конденсатора температура конденсации в R404 на 5 °С выше, чем в R22, что приводит к дополнительной перерасходу электроэнергии на 11 %;
- стоимость R404 в 10 раз выше стоимости R22.

Вещества на основе гидрофторуглеродов, таких, как R404 и R507, все чаще приходят на смену устаревшим хладагентам. Оба хладагента подходят для интервала температур испарения от – 45 до + 10 °С, однако коэффициент теплопередачи в азеотропной смеси R507, как правило, выше, чем в неазеотропной R404. Поэтому теплообменник, в котором используется R507, при прочих равных условиях характеризуется меньшей площадью теплообмена или более высокой температурой испарения и более низкой температурой конденсации, что приводит к значительной экономии энергии.

Хладагент R507 удовлетворяет основное требование по замене R502 в модернизированных системах. Кроме этого, использование R507 повышает надежность работы компрессоров, поскольку температура нагнетания в этом случае на $1 \div 2$ °С ниже, чем для R404, на $11 \div 12$ °С ниже, чем для R502 и еще более низкая – для R22.

Перспективным является использование хладагента R407C, основное преимущество которого заключается в том, что при переходе с R22 на R407C, не нужно значительного изменения холодильной системы, и он является оптимальной альтернативой R22 по холодопроизводительности и давления насыщенного пара.

По сравнению с R22 хладагент R407C оказывает значительно меньше вреда окружающей среде. В то же время, при более низкой температуре нагнетания и чуть большем давлении всасывания, энергетическая эффективность R407C близка к энергетической эффективности R22.

Вместе с тем большинство компаний обеспокоено большим температурным дрейфом ($5 \div 7^\circ\text{C}$), характерным для R407C. Поэтому массовые доли компонентов предлагаемых смесей варьируют в широких пределах. Данное обстоятельство затрудняет обслуживание холодильных систем. Так в системах с несколькими испарителями возможно нарушение исходной концентрации рабочего вещества, заправленной в систему. Однако несмотря на очевидные преимущества и потенциальные выгоды, применения R410 в кондиционировании, считается, что R410 трудно работать, поскольку установки, где он используется, должны быть рассчитаны на более высокое рабочее давление. При большей удельной производительности, чем R22, диапазон нормальных рабочих давлений для R410 примерно в 1,5 раза выше, чем в R22.

Более высокая объемная холодопроизводительность R410 по сравнению с R22, в сочетании с более высоким коэффициентом теплопередачи, позволяет конструировать компактное оборудование, снижая тем самым стоимость установки и расширяя возможности монтажа. Холодильная установка, специально сконструированная для работы с R410, на 5 % энергетически более эффективна по сравнению с R22, и на 12 % – с R407C.

Эффективность циклов холодильных машин на озонобезопасных фреонах, которые сравнивают традиционно с циклами на R12 и R22, нередко ниже. Фактически, переход из ХФУ (хлорфторуглероды) и ГХФУ (гидрохлорфторуглероды) на озонобезопасные хладагенты, внес дополнительный вклад в глобальное потепление за счет увеличенного потребления энергии. Исключив прямые эмиссии тех же ГХФУ в атмосферу, можно не менее эффективно бороться с глобальным потеплением.

Следовательно, имеет смысл совершенствования холодильных систем на имеющихся хладагентах при сопоставлении стоимости осуществления мер по наиболее полному исключению эмиссий хладагентов и уровня энергетических выгод от этого. Это особенно важно для стран с низким экономическим уровнем развития. Для таких стран, к которым, к сожалению, относится и Украина. Нецелесообразность перехода на альтернативные хладагенты можно аргументировать следующим:

- ни один из альтернативных фреонов, а также холодильные масла к ним, не производятся в Украине, поэтому, при переходе на эти хладагенты, отечественные потребители оказываются в полной зависимости от зарубежных производителей фреонов;
- несовместимость ряда минеральных масел с хладагентами вызывает необходимость их замены на дорогие гигроскопичны синтетические масла;
- фреоны определенной степени вредны, в связи с чем необходимо соблюдать особые требования, предъявляемые к размещению холодильных установок, в которых они используются;

Также эксплуатация холодильного оборудования, работающего на новых многокомпонентных смесях, требует высокой технической культуры обслуживающего персонала. Усложняется процедура заправки и дозаправки холодильных агентов. Это обусловлено изменением первоначального соотношения холодильных смеси, вследствие неизбежного убегания хладагента, что приводит к изменению термодинамических характеристик смеси и, как следствие, к нарушению условий эксплуатации оборудования.

Влияние фреонов групп ХФУ и ГХФУ на разрушение озонового слоя еще не полностью исследованы, возможно, это желание компаний, производящих фреоны, увеличить свою прибыль.

До сих пор некоторые исследователи высказывают большие сомнения по поводу целесообразности принятия запрета ХФУ. Самые категорические критики объявляют протокол грандиозной аферой, инициированной группой химических концернов с целью монополизировать рынок и вытеснить национальных производителей; более умеренные указывают на противоречивость некоторых положений и призывают к коррекции протокола с учетом времени.

Существующие прогнозы по использованию холодильных агентов в будущем указывают на расширение области применения аммиачных холодильных машин.

Список использованных источников

1. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: монография. Рязань: Узорочье, 2003. 470 с.
2. Пустовалов Ю.В. Эксергический анализ парокомпрессионной теплонасосной установки с электроприводом. Системы теплоснабжения с нетрадиционными теплоисточниками. Тр. Ин-та ВНИПИЭнергопром. 1982.
3. Боровков В.М., Аль Алавин А.А. Энергосберегающие теплонасосные системы теплоснабжения // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2007. № 1–2.
4. Быков А.В., Калнинь И.М., Крузе А.С. Холодильные машины и тепловые насосы. М.: Агропромиздат, 1988. 304 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОДУКТА СТАЛИ ПУТЕМ ПЕРЕПЛАВА ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Хлебников Н.А., Казанцева Н.М.

*Нижнетагильский технологический институт (филиал УрФУ),
г. Нижний Тагил, Россия*

На данном этапе развития металлургическая промышленность достигла такого уровня, что невозможно создать достаточно конкурентоспособный продукт без внедрения новых, более совершенных, экологических технологий. Безусловно, это связано с задачами модернизации конкретных производств, что, в конечном счете, приведет к уменьшению ресурсоемкости, а впоследствии и к снижению себестоимости продукта. Наиболее эффективно эти задачи решаются при внедрении технологий, позволяющих использовать вторичное сырье (отходы). В настоящее время большинство отечественных предприятий и заводов черной металлургии накопили большой объем шламов и пылей, которые на данный момент невозможно широко использовать в имеющихся технологических цепочках производства.

Сложность переработки отходов черной металлургии заключается в следующих факторах:

- значительное содержание вредных примесей, в том числе цинк и цветные металлы, такие как медь и алюминий;
- неравномерность химического состава;
- гранулометрический состав пылей и шламов.

Все эти факторы обуславливают технологическую невозможность переработки металлургических отвалов применительно к одному из известных процессов производства чугуна или стали. Безусловно, существуют технологии по переработке отходов металлургического передела, но все они либо не универсальны (направлены на переработку только определенной группы из общего числа пылей и шламов), либо экономически неэффективны.

На ОАО «Челябинский металлургический комбинат» отработана и реализована технология по утилизации пылей и шламов в ходе агломерационного процесса, но использование пылевидных компонентов в данных условиях достаточно ограничено. При увеличении доли